

2. Цись П.Н. Геоморфологія УРСР // Наук. зап. Льв. держ. ун-ту. – Львів, 1962. – С. 54-59, 169-175.

3. Цись П.Н. О некоторых особенностях геоморфологического проявления новейшей неотектоники в Советских Карпатах / В кн.: Новейшие тектонические движения и структуры альпийского геосинклинального пояса юго-запада Европы. – Баку: ЭЛМ, 1970. – С.126-131.

рівнем. Кардинально положення не може покращати і перехід на багатоканальні телеметричні

4. Гофштейн И.Д. Современный этап развития рельефа Карпат / Геоморфология. – К.: Наукова думка, 1970. – № 4. – С. 27-31.

5. Соколовський І.Л. Закономірності розвитку рельєфу України. – К.: Наукова думка, 1973. – 216 с.

6. Демедюк Н.С. Антропогенные отложения Украинских Карпат / В кн.: Антропогенные отложения Украинских Карпат. – К.: Наукова думка, 1986. – С. 133-145.

УДК 550.834.53

## МЕТОДИКА ОЦІНКИ ЗАВАДОСТІЙКОСТІ І ПРОСТОРОВОЇ РОЗДІЛЬНОЇ ЗДАТНОСТІ СИСТЕМ ШИРОКОГО ПРОФІЛЮ В СЕЙСМОРОЗВІДЦІ МВХ

*В.В.Гневуш, Д.Н.Ляшук*

*Західно-Українська геофізична розвідувальна експедиція,  
79040, м. Львів, вул. Данила Аполстола, 9А*

*Указаны причины неэффективности использования стандартной методики 3Д в Карпатском регионе. В настоящее время актуальны неполноплоскостные системы (разные модификации широкого профиля ШП и ортогональных профилей ОП). Сделаны расчеты характеристик направленности ШП и ОП при разных его параметрах систем и параметрах среды.*

*In paper reasons of an inefficiency of use of a standard procedure 3D in region Karpatskom are indicated. Now are actual different modifications wide profile WP and orthogonal profiles OP. Calculations of directional characteristics WP and OP are made its different parameters of systems and parameters of a medium.*

У сучасній сейсморозвідці широко застосовуються площинні 3Д-модифікації методу відбитих хвиль (МВХ). Вони мають значні переваги перед профільними спостереженнями, зокрема, в збільшенні завадостійкості інтерференційної системи за рахунок значного підвищення кратності накопичення сигналів, у більш точному визначенні геометричної моделі досліджуваного об'єкту та фізичних параметрів геологічного середовища.

Разом з тим очевидні і труднощі технічного та методичного характеру, викликані значним (на порядок) збільшенням кількості каналів реєструючої апаратури, розміщенням установок спостереження на значній площі, зростанням обсягів обробки сейсмічної інформації. Вказані труднощі суттєво обмежують практичне застосування і ефективність повноплощинних систем спостережень.

Провідні геофізичні підприємства західних фірм реалізують сейсморозвідку 3Д переважно на акваторіях, у пустелях, на сильно заболочених рівнинах. При цьому вони оснащені багатоканальними телеметричними системами збору сейсмічних даних, потужними і ефективними засобами обробки і відображення інформації. Не важко бачити, що техніко-методичні можливості нафтової геофізики Карпатського регіону ніяк не можна порівняти зі світовим

системи реєстрації сейсмозаписів, оскільки наявність таких систем не знімає проблеми розміщення пунктів збудження і прийому коливань та якості сейсмограм, яка залежить, в основному, від сейсмогеологічних умов. Можна з високою імовірністю стверджувати, що застосування стандартної повноплощинної методики 3Д в умовах Передкарпатського прогину на сучасному етапі буде неефективним з таких основних причин:

– по-перше, надзвичайно складні сейсмогеологічні умови і геологічна будова структур Карпатського регіону вимагають застосування потужних регулярних систем спостереження;

– по-друге, складні геоморфологічні умови, густа заселеність території, наявність сільськогосподарських угідь та промислових комунікацій призводять до порушення регулярності системи спостереження, що вступає в протиріччя з вимогами першого пункту;

– по-третє, відсутність сучасних технологій обробки сейсмічної інформації 3Д у Карпатському регіоні (гірські умови) України не дадуть можливості опрацювати і представити сейсмічні дані на сучасному рівні.

У зв'язку з цим на даний час не втрачають актуальності так звані неповноплощинні системи, зокрема, різні модифікації „широкого про-

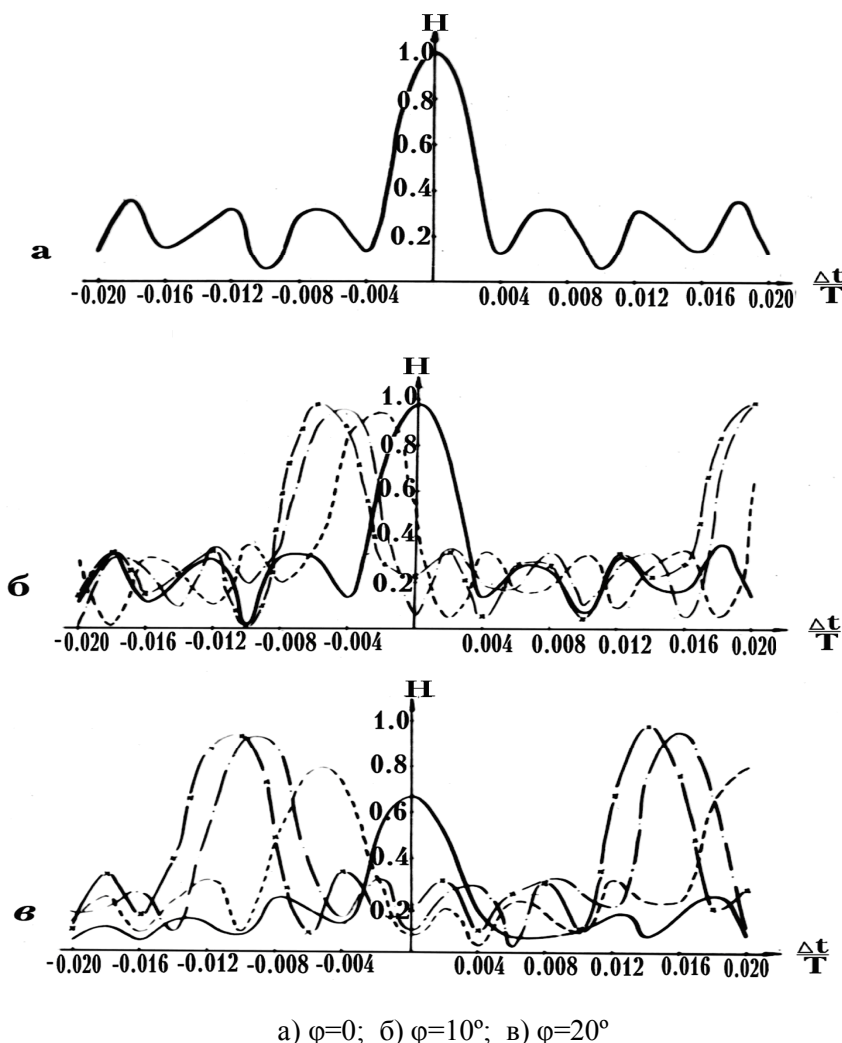


Рисунок 1 — Характеристики спрямованості системи ШП для  $N=5$ ,  $\Delta\xi=50$  м за різних кутів нахилу відбиваючої границі і азимутальних кутів  $\gamma=0, 30^\circ, 60^\circ, 90^\circ$

філю» (ШП) та «ортогональних профілів» (ОП). У цих системах пункти збудження коливань і пункти прийому розташовані на паралельних (у випадку ШП) або взаємно перпендикулярних (у випадку ОП) лініях [1, 2]. Реалізуючи на першому етапі обробки сумування сейсмічних сигналів способом СГТ для кожної лінії із введенням відповідних кінематичних і статичних поправок, отримуємо сейсмічні часові розрізи в смузі, ширина якої рівна  $\Delta\xi(N-1)$ , де  $\Delta\xi$  – відстань між лініями СГТ,  $N$  – кількість ліній. Здійснюючи на другому етапі обробки складання сумарних сигналів одноменних трас впоперек смуги СГТ з введенням часових затримок  $\Delta t_i$ , які змінюються за лінійним законом від однієї лінії до другої, можна розділити і простежити хвилі, відбиті від границь з різними кутами нахилу  $\varphi$  і азимутальними кутами  $\gamma$  ( $\gamma$  – кут між напрямком падіння границі і напрямком профілю). Хвилі, що відбилися від границь з  $\gamma \neq 0$ , у подальшому будемо називати боковими.

У зв'язку з необхідністю розв'язання задачі розділення хвиль природно виникає питання

про оцінку завадостійкості та просторової роздільної здатності вказаних площинних систем по  $\varphi$  і  $\gamma$ . Для цього скористаємося частотною характеристикою спрямованості інтерференційної системи. Як аргумент беремо параметр, який є функцією часових затримок між сигналами, що сумуються. Тоді згідно з [3] сумарну амплітуду можна записати у вигляді

$$A_{\Sigma} = \sqrt{\sum_{i=1}^n a_i^2 + \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=i+1}^n a_i a_j \cos \omega(t_i - t_j)}, \quad (1)$$

де:  $a_i$  і  $\omega t_i$  – відповідно амплітуди і фази вихідних сигналів;

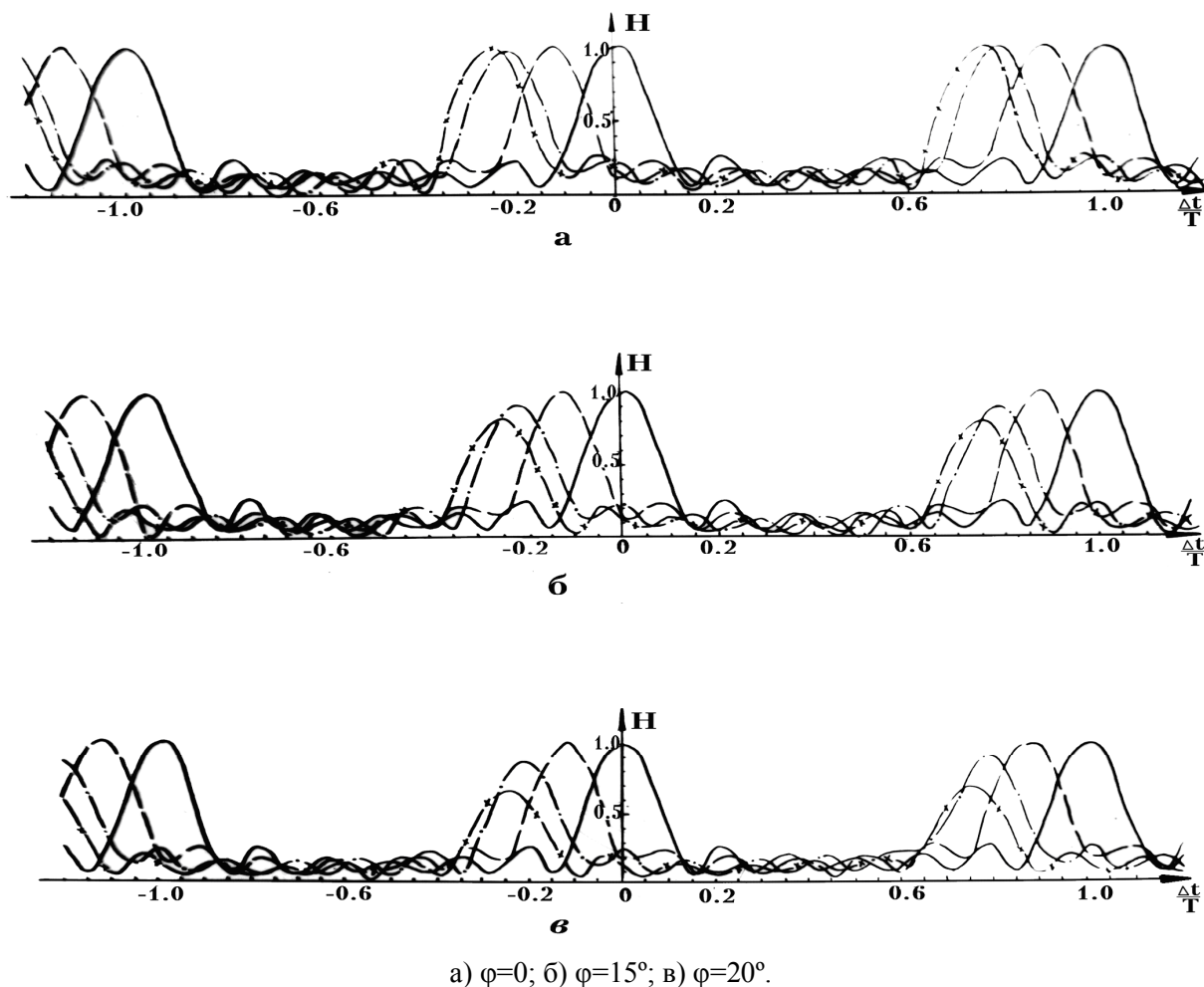
$t_i - t_j$  – часові затримки між сигналами,

що сумуються;

$n$  – загальна кількість сигналів, що сумуються.

Очевидно, що часові затримки між сигналами будуть залежати від параметрів середовища і виду інтерференційної системи.

Як зазначено вище, обробка матеріалів ШП і ОП здійснюється у два етапи: перший етап – сумування сейсмічних трас способом СГТ для



**Рисунок 2** — Характеристики спрямованості системи ортогональних профілів (ОП) для  $N=7$ ,  $\Delta x=50$  м за різних кутів нахилу відбиваючої границі і азимутальних кутів  $\gamma=0, 30^\circ, 60^\circ, 90^\circ$

кожної лінії глибинних точок з введенням відповідних кінематичних і статичних поправок; другий етап – сумування сигналів трас часових розрізів з однаковою абсцисою (поперечне сумування) чи сумування сигналів трас вздовж кожного сейсмічного розрізу (поздовжнє сумування) з часовими затримками, які змінюються від траси до траси лінійно. Формула (1) об'єднує ці два етапи обробки в один, при цьому одночасно вводяться дві затримки: кінематичні поправки першого етапу і лінійні затримки другого етапу. Виконані розрахунки характеристики спрямованості ШП і ОП за різних його параметрів систем і параметрів середовища (рис. 1).

Аналіз характеристик засвідчує, що:

- у випадку горизонтального залягання відбиваючої межі ( $\varphi = 0$ ) характеристики спрямованості однакові за довільної орієнтації ліній широкого профілю і ортогональних профілів (рис. 1, а).

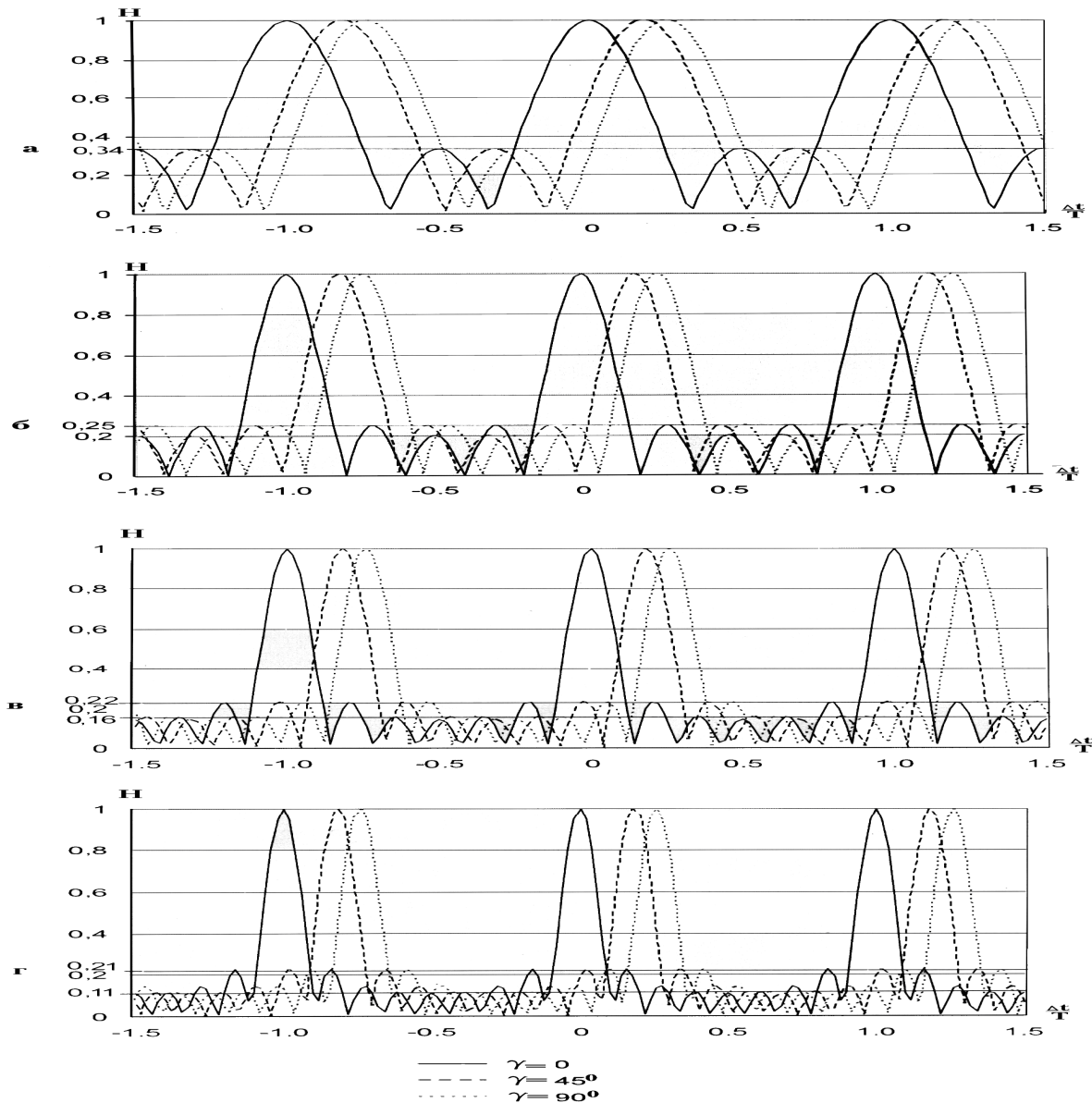
- зі збільшенням кута нахилу межі (за  $\gamma = 0$ ) зменшується амплітуда основного максимуму характеристики ШП (зменшується чутливість системи), що пояснюється розфазуванням сигналів під час сумування способом СГТ,

причому зменшення амплітуди спостерігається за  $\varphi > 10^\circ$  (рис. 1, б і в);

- зі збільшенням азимутального кута  $\gamma$  від  $0$  до  $90^\circ$ , тобто зі зміною орієнтації широкого профілю від положення по падінню границі до положення по простягання, амплітуда основного екстремуму зростає і досягає максимуму за  $\gamma = 90^\circ$ , при цьому він зміщується по осі абсцис на величину затримки хвилі  $\Delta t_z$ , зумовлену нахилом границі (рис. 1, в).

Для системи ортогональних профілів спостерігається інша закономірність – зменшення амплітуди основного екстремуму характеристики за зміни азимутального кута  $\gamma$  від  $0$  до  $90^\circ$  (рис. 2).

У роботі [2] показано, що для оцінки просторової роздільної здатності систем ШП залежно від їх параметрів і параметрів середовища можуть бути використані вирази, які аналітично описують результат другого етапу обробки, тобто різночасового сумування сигналів різних СГТ з часовими зсувами, які змінюються за лінійним законом. Характеристика спрямованості



а)  $\frac{D_y}{\lambda} = 3$ ; б)  $\frac{D_y}{\lambda} = 5$ ; в)  $\frac{D_y}{\lambda} = 7$ ; г)  $\frac{D_y}{\lambda} = 9$ .

Рисунок 3 — Завадостійкість систем ШП за різної бази сумування і кратності накопичення сигналів

у випадку сумування сигналів вздовж ШП має такий вигляд:

$$H\left(\frac{D_x}{\lambda}\right) = \frac{a_{\Sigma}}{\frac{D_x}{\lambda}} \cdot \frac{\sin\left[\pi \frac{D_x}{\lambda} \left(\sin\varphi \cos\gamma - \frac{\delta t_x}{T}\right)\right]}{\sin\left[\pi \left(\sin\varphi \cos\gamma - \frac{\delta t}{T}\right)\right]}.$$

Характеристика спрямованості у випадку сумування сигналів впоперек ШП має вигляд

$$H\left(\frac{D_y}{\lambda}\right) = \frac{a_{\Sigma}}{\frac{D_y}{\lambda}} \cdot \frac{\sin\left[\pi \frac{D_y}{\lambda} \left(\sin\varphi \cos\gamma - \frac{\delta t_y}{T}\right)\right]}{\sin\left[\pi \left(\sin\varphi \cos\gamma - \frac{\delta t}{T}\right)\right]},$$

де:  $a_{\Sigma}$  – амплітуда сумарного сигналу СГТ (після першого етапу обробки);

$\frac{D_x}{\lambda}$  – база сумування сигналів СГТ вздовж лінії ШП (у частках довжини хвилі  $\lambda$ );

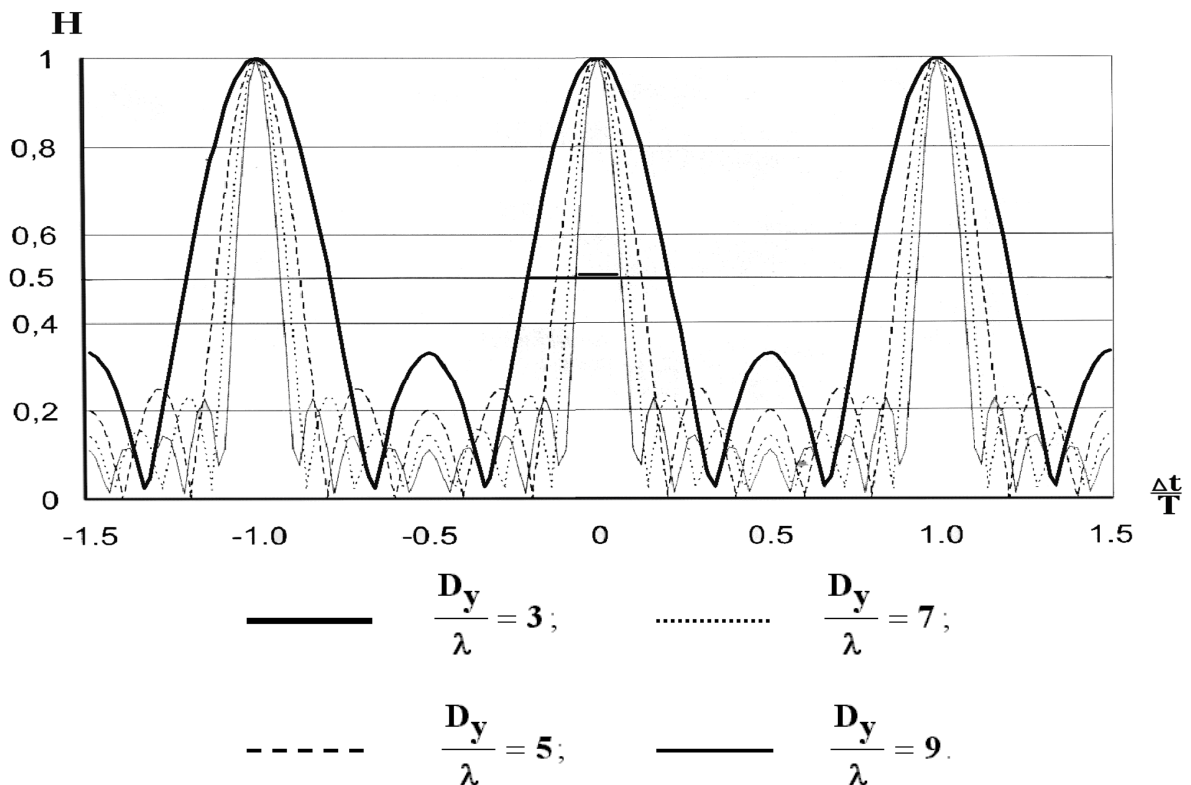


Рисунок 4 — Роздільна здатність системи ШП залежно від величини поперечної бази сумування сигналів

$\frac{D_y}{\lambda}$  – база сумування сигналів СГТ впоперек ШП (у частках довжини хвилі  $\lambda$ );

$\frac{\delta t}{T}$  – затримка (у частках періоду  $T$ ), рівна для поздовжнього і поперечного сумування відповідно

$$\frac{\delta t_x}{T} = \sin \varphi \cos \gamma, \quad \frac{\delta t_y}{T} = \sin \varphi \cos \gamma.$$

На рис. 3 і 4 зображено графіки характеристик спрямованості ШП і ОП за різних баз сумування і кутів  $\gamma$ , з яких можна зробити такі висновки:

1. Ширина основного максимуму характеристик зменшується (роздільна здатність системи зростає) зі збільшенням бази сумування.

2. Зі збільшенням кількості ліній ШП, отже поперечної бази сумування, ширина основного максимуму характеристики пропорційно зменшується. На рис. 4 бачимо, що зі збільшенням бази в три рази (з 3 до 9) ширина основного максимуму зменшується у три рази. Це означає, що роздільна здатність системи ШП зростає прямо пропорційно величині бази групування.

3. Рівень проміжних екстремумів характеристик (завадостійкість системи) визначається кількістю ліній ШП і загальною кратністю накопичення сигналів. Так, для системи з  $N=3,5,7,9$  загальна кратність відповідно 18, 30, 42, 54. Рівень проміжних екстремумів стано-

вить відповідно 0,34; 0,25; 0,22-0,16; 0,21-0,11 (рис. 1).

4. Ефект ослаблення кратних хвиль не залежить від параметрів ШП, а визначається тільки відстанню “пункт збудження – пункт прийому” (“ПЗ-ПП”), тобто величиною  $X_{max}$  і співвідношенням швидкостей корисної і кратної хвиль ( $\frac{V}{V_{кр}}$ ). Таким чином, ослаблення кратних хвиль відбувається на I етапі обробки – сумуванні за СГТ; на II етапі – ослаблення (за  $\Delta t = 0$ ) чи виділення ( $\Delta t \neq 0$ ) бокових хвиль.

### Література

1. Глаговский В.М., Мешбей В.И. Площадные системы наблюдений и методика пространственной обработки данных МОВ. – М.: ВНИИОСНГ, 1977. – 52 с.
2. Лячук Д.Н., Сагалова Е.И., Гук И.В. О системах ортогонального профилирования с пропусками интервалов наблюдения // Нефтяная и газовая промышленность. – 1985. – №3. – С. 22-24.
3. Горелик Г.С. Колебания и волны. – М.: Физматгиз, 1959. – 572 с.